

VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra dopravního stavitelství

Využití R-materiálu do asfaltových směsí
R-material Utilization in Asphalt Mixtures

Student:

Bc. Daniel Wymar

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Marián Krajčovič, CSc

Ostrava 2010

Volná stránka pro vložení zadání diplomové práce

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Prohlašuji, že

-byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. –autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

-beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

-souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

-bylo sjednáno , že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

-bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO a společnosti TPA s.r.o. Tyto jsou oprávněny v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO nebo společnosti TPA s.r.o. na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

-beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Anotace:

Téma mé diplomové práce bylo vypracovat návrh „Využití R-materiálu do asfaltových směsí“, kterou jsem zpracoval v rozsahu 54 stránek a 18 příloh.

Cílem mé diplomové práce bylo vypracovat návrh asfaltové směsi s využitím recyklovaného materiálu pro ohrusnou vrstvu vozovky s označením ACO 11 a následně provést kontrolu shody hotové vrstvy dle platných norem.

Práce obsahuje laboratorní zkoušky vstupních materiálů kameniva, kamenné moučky, asfaltů a R-materiálu pro návrh směsi, dále postup návrhu asfaltové směsi, výroba zkušebních těles, určení fyzikálních vlastností a v závěru práce jsou uvedeny kontrolní zkoušky hotové asfaltové vrstvy vozovky, jako je míra zhutnění, mezerovitost, spojení vrstev, tloušťka vrstvy, rovnost povrchu a jejich vyhodnocení.

Annotation:

The topic of this diploma thesis is Using R-materials for asphalt mixtures . The abstract consists of 54 pages and 18 attachments.

The goal of this thesis is to develop a suggested use of asphalt mixtures using recycled materials for the upper layer of roads (ACO 11) and then check if the finished layer conforms to applicable standards.

The work will include laboratory testing of raw material aggregates, filler, asphalt, and [reclaimed asphalt mixture design] as well as the procedure of designing asphalt production of specimens, determining physical properties. Finally, the work will show the implementation and evaluation of finished asphalt layer testing, such as the degree of compaction, porosity, layer connection, layer thickness, and levelness of surface.

Obsah diplomové práce:

Seznam použitého značení.....	7
1 Úvod.	9
2 Současný pohled na vozovky pozemních komunikací.....	10
3 Zkoušky vstupních materiálů pro asfaltovou směs.....	13
3. 1 Zkoušky kameniva.....	13
3. 1. 1 Stanovení zrnitosti kameniva dle ČSN EN 933-1 [4].....	14
3. 1. 2 Posouzení jemných částic pomocí met. modři dle ČSN EN 933-9 [6].....	18
3. 1. 3 Stanovení tvaru zrn - tvarový index dle ČSN EN 933-4 [5].....	20
3. 2. Zkoušky kamenné moučky.....	21
3. 2. 1 Stanovení zrnitosti jemných částic jako kameniva ČSN EN 933-10 [7].....	22
3. 3 Zkoušky asfaltů.....	23
3. 3. 1 Stanovení penetrace jehlou dle normy ČSN EN 1426 [8].....	24
3. 3. 2 Stanovení bodu měknutí – kroužek kulička KK dle ČSN EN 1427 [9].....	25
3. 3. 3 Stanovení přilnavosti asfaltu ke kamenivu dle ČSN 73 6161 [3].....	27
3. 4 Stanovení vlastnosti R - materiálu dle ČSN EN 13108-1 [14].....	30
3. 4. 1 Zrnitost R - materiálu	31
3. 4. 2 Vlastnosti pojiva	32
4 Návrh asfaltové směsi podle ČSN 73 6160 [2].....	33
4. 1 Návrh čáry zrnitosti	34
4. 2 Stanovení teoretického optimálního množství pojiva	36
4. 3 Příprava zkušebních těles rázovým zhutňovačem dle ČSN EN 12697-30 [13].....	38
4. 3. 1. Příprava směsi.....	38
4. 3. 2 Výroba zkušebních těles.....	40
4. 4 Stanovení fyzikálních vlastností dle ČSN EN 13 108-1 [14].....	41
4. 4. 1 Stanovení maximální objemové hmotnosti dle ČSN EN 12697 – 5 [10].....	41
4. 4. 2 Stanovení obj. hmot. zhutněné živичné směsi dle ČSN EN 12697-6 [11].....	43
4. 4. 3 Mezerovitost dle ČSN EN 12697-8 [12].....	44
4. 4. 4 Ostatní fyzikálně mechanické vlastnosti.....	45
4. 5 Výsledné optimum pojiva dle ČSN 73 6160 [2].....	46

5	Kontrolní zkoušky hotové úpravy asfaltové vrstvy dle ČSN 73 6160 [2].....	47
5. 1	Spojení vrstev.....	49
5. 2	Míra zhutnění asfaltové směsi.....	50
5. 3	Mezerovitost vrstvy.....	51
5. 4	Tloušťka vrstvy.....	53
5. 5	Rovnost povrchu.....	53
5. 6	Vyhodnocení dle ČSN 73 6121 [1].....	55
6	Závěr.....	57
7	Seznam použité literatury.....	59
8	Přílohy.....	60

Seznam použitého značení

A_p	– obsah asfaltu v % hmotnosti ve směsi
ACO	– asfaltový beton pro obrusné vrstvy
a_d	– dílčí zbytek na každém síti normové sady v %
B	– obsah pojiva ve zkušebním tělese (ve 100 % směsi) v %
D	– průměr zkušebního tělesa v mm zaokrouhlený na jedno desetinné místo
Filer	– kamenivo, jehož větší část propadne sítem 0,063 mm
f	– jemné částice
H	– výška zkušebního tělesa v mm zaokrouhlená na jedno desetinné místo
h_r	– hustota rozpouštědla v g/cm ³
h_{20}	– hustota pojiva v g/cm ³ (1,002)
KK	– kroužek kulička
L	– délka
Labex	– je speciálně vyvinutý program pro potřeby laboratoře TPA ČR, s.r.o.
M	– mezerovitost ztuhlé asfaltové směsi v %
MB	– hodnota methylenové modře
M_k	– mezerovitost směsi kameniva v %
M_1	– hmotnost vysušené navážky před promýváním v kg – hmotnost zkušební navážky v g
M_2	– hmotnost vysušené navážky po promývání v kg – hmotnost nekubických zrn v g
m_{zd}	– hmotnost dílčího zbytku navážky na daném d-tém síti v g
$\sum m_{zd}$	– úhrnná hmotnost celé zkoušené navážky, vyjádřená jako součet všech dílčích zbytků včetně hmotnosti odplavitelných částic v g
m_0	– hmotnost vysušeného a zváženého pyknometru s nástavcem v g
m_1	– hmotnost suchého tělesa v g – hmotnost pyknometru s nástavcem a se zkušebním vzorkem v g
m_2	– hmotnost tělesa ve vodě v g; – hmotnost pyknometru s nástavcem, zkušebním vzorkem a s rozpouštědlem v g
m_3	– hmotnost tělesa vodou nasyceného a povrchově osušeného v g
P	– hmotnost propadu jemných částic na dně v kg
PM	– přetvoření podle Marshalla

R-materiál	– stará asfalt. směs upravená tříděním (popř. drcením, tříděním a homogenizací)
SI	– tvarový index
SM	– stabilita podle Marshalla
Sv	– stupeň vyplnění mezer v %
V	- objem – celkový objem vstříknutého roztoku barviva v mm – objem pyknometru s nástavcem v cm ³
V _m	– mezerovitost směsi
V _{max}	– maximální mezerovitost
V ₁	– celkový objem vstříknutého roztoku barviva v mm
VFB	– stupeň vyplnění mezer ve směsi kameniva pojivem v %
VJM 7	– velmi jemně mletý (vápenec)
VMA	– mezerovitost směsi kameniva v %
ρ	– objemová hmotnost v kg/m ³
ρ_B	– objemová hmotnost pojiva v kg/m ³
ρ_b	– objemová hmotnost zkušebního tělesa v kg/m ³
ρ_m	– maximální objemová hmotnost směsi v kg/m
ρ_{mw}	– je maximální objemová hmotnost asfaltové směsi v kg/m ³
ρ_s	– je objemová hmotnost nezhutněné asfaltové směsi g/cm ³
ρ_{vz}	– objemová hmotnost v kg/m ³
ρ_w	– hustota vody při zkušební teplotě stanovená s přesností na 0,1 kg/m g/m ³

1 Úvod

V oblasti silničního stavitelství musíme dnes již neoddiskutovatelně hledat cesty k materiálově a energeticky úspornějším konstrukcím, které však budou vykazovat vysokou výkonnost a delší životnost. Jedná se o daleko širší využívání druhotných surovin, které povede jak k úsporám materiálů, k ochraně životního prostředí a snížení spotřeby ropy, tak ke snížení závislosti na této surovině. Musí rovněž dojít i ke změně v pohledu na kvalitu technologií a prací.

Použití recyklovaných materiálů v dopravním stavitelství je nezbytným předpokladem pro trvale udržitelný rozvoj výstavby dopravních cest. Zdroje a materiály je proto třeba chápat jako obnovitelné, neboť již přišla doba, kdy používání nových zdrojů či materiálů se stává stále více z ekonomického a ekologického hlediska neúnosné. K použití recyklovaných materiálů však musí platit pravidla, která zabezpečí jednak přijatelné technické parametry budovaných konstrukcí a zároveň zaručí, aby použití recyklovaných materiálů nadměrně nezatížilo životní prostředí.

R-materiál (recyklovaná asfaltovaná směs, získaná frézováním živičných krytů) je využíván výhradně v těch druzích asf. směsí, kde je to závaznou normou dovoleno. Využití R-materiálu sebou přináší pozitivní přínosy v podobě spotřeby přebytečného stavebního odpadu a jeho znovupoužití při výstavbě a zároveň využití kvalitního materiálu s přidanou hodnotou v podobě již obsaženého asfaltového pojiva, díky němuž je možné snížit objem dávkovaného asfaltu a zohlednit tuto skutečnost v ceně vyrobené směsi.

2 Současný pohled na vozovky pozemních komunikací

Ačkoli se silniční stavitelství dlouhodobě považuje za tradiční průmyslové odvětví, lze v posledním desetiletí zaznamenat celou řadu nových hledisek, které jsou bezprostředně motivovány poznatky o mechanickém a užitném chování konstrukcí vozovek na jedné straně, jakož i vlivy, které rozhodujícím způsobem předurčují životnost konstrukcí a celkovou dostupnost silniční infrastruktury.

Těmito výše uvedenými hlavními vlivy jsou především:

- dopravní zatížení včetně rostoucích intenzit těžkých nákladních automobilů, kdy s ohledem k poloze České republiky v Evropské unii a v celém prostoru Evropy nelze předpokládat v blízké budoucnosti snižování počtu nákladních automobilů, které budou silniční infrastrukturu v ČR využívat;
- klimatické podmínky, kdy lze v posledních letech sledovat častější výskyt extrémů, mezi které řadíme především mírné zvyšování letních teplot nebo počtů dnů, kdy lze sledovat výskyt extrémních teplot, jež mohou vést u asfaltových vozovek k většímu výskytu tzv. vyjetých kolejí nebo způsobují některé méně časté poruchy (viz nedávná situace na dálnici D5 nebo na Pražském okruhu s poruchami vozovky vinou vysokých letních teplot). Vedle extrémních teplot lze za další vliv, se kterým bude nezbytné v nadcházejících letech počítat, považovat výskyt náhlých intenzivních srážek, které mohou rychle vést k lokálním záplavám popř. k destrukci celé komunikace.
- v neposlední řadě lze jako významný trend prosazovaný v rámci EU považovat další směřování k bezodpadové společnosti. V této souvislosti je již dnes upřednostňována recyklace a opětovné využití materiálů starých konstrukcí, přičemž ve stavebnictví obecně je požadavek pro příští desetiletí docílit opětovného využití až 70 % stavebního a demoličního odpadu. V případě asfaltových vrstev je dokonce cílem dosáhnout 100% recyklace tohoto materiálu a díky tomu konstrukci asfaltových vozovek do budoucnosti zcela vyloučit z podmínek, které se vztahují na odpady.

Uváděné klimatické vlivy je třeba zohlednit při rozvoji nových technologií konstrukčních vrstev či při modifikaci stávajících technologií. V případě asfaltových směsí bude nezbytné hledat další zlepšení ve zvyšování odolnosti proti vzniku trvalých deformací při vyšších teplotách, přičemž na druhé straně takové opatření musí zohlednit i účinek zimního počasí. Z toho vyplývá, že používaná asfaltová pojiva musí mít takový teplotní interval použitelnosti,

který bezpečně pokryje oba krajní případy. Z důvodu výskytu náhlých intenzivních srážek bude nezbytné návrh konstrukce vozovek upravit z hlediska potřeby zvýšení drenážní kapacity a rychlého odvedení vody z povrchu vozovky. Pokud se zaměříme na rostoucí dopravní zatížení, potom je nutné věnovat pozornost při rozvoji moderních technologií zvyšování únosnosti a odolnosti proti účinkům postupné degradace a únavy materiálu.

Bohužel uváděné doporučené hlediska, jež by bylo vhodné v nadcházejícím období sledovat a dále rozvíjet, nemohou sledovat pokračování hledisek výstavby a obnovy s levnějšími či nejlevnějšími technologiemi. Při zohlednění ekonomických možností je nevyhnutelné postupně zavést a důsledně provádět analýzu a propočet nákladů životního cyklu namísto jednoduchého porovnání ceny jednotlivých nákladů. Takový posun v ekonomickém pohledu může paradoxně ve střednědobém až dlouhodobém horizontu vést k zefektivnění a postupnému zlevnění silniční infrastruktury, přičemž cena stavebního díla na počátku bude adekvátní výkonnostní kapacitě konstrukce a bude tak velmi dobře obhájitelná, obzvláště pokud se doloží výhledem nákladovosti celého životního cyklu.

Recyklační technologie v posledním desetiletí doznaly poměrně velkého zavedení v praxi. V případě asfaltových vozovek se dnes běžně aplikují technologie recyklace za horka i za studena zpravidla prováděné přímo na místě, což zvyšuje rychlost provádění, vede zpravidla ke 100% využití materiálu původní konstrukce, umožňuje buď obnovení vlastností obrusných vrstev (v případě některých postupů recyklace za horka) nebo zvyšuje únosnost konstrukce vozovky a tak vede k dalšímu prodloužení životnosti. Bohužel v menší míře se dosud podařilo rozvinout technologie recyklace v obalovnách. V případě aplikace asfaltového recyklátu v horkých asfaltových směsích se dosud uplatňuje maximálně 20–25 % hm. málo efektivním způsobem přidáváním za studena, přičemž zahraniční trendy jednak ukazují na možnosti mnohem vyššího dávkování asfaltového recyklátu při jeho předehtí. Díky tomu se účinně využívá přidaná hodnota tohoto materiálu, a současně jsou v některých zemích patrné zákonem dané požadavky, jež předepisují pro většinu asfaltových vrstev nutnost dílčího využití tohoto materiálu v nové asfaltové směsi.

Zlepšení trvanlivosti a prodloužení životnosti konstrukce vozovek by mělo patřit k prioritám, jimž se silniční stavitelství bude v blízké budoucnosti věnovat. Již před více než 15 lety bylo prvním krokem tímto směrem zavedení polymerem modifikovaných asfaltů v ČR.

Oblast těchto technologií se postupně rozvíjela a dále rozvíjí. Současně s tím byly zavedeny i některé nové typy asfaltových směsí, jako jsou např. směsi s vysokým modulem tuhosti, kde je dnes snahou v oblasti aplikovaného výzkumu a průmyslového vývoje postoupit k další generaci tohoto typu směsi.

Dalším hlediskem je zaměření na celou konstrukci asfaltových vozovek s cílem rozvinout koncept vozovky s dlouhou životností, kdy dojde k prodloužení cyklů obnovy a snahou bude provádět periodickou údržbu a obnovu tenčích ohrusných vrstev s životností dalších vrstev delší než 25 let. Tato skutečnost samozřejmě vyžaduje věnovat zvýšenou pozornost aplikaci a dalšímu rozvoji vhodných asfaltových pojiv, která se postupně budou přesouvat z oblasti tradičních silničních, nebo polymery modifikovaných či multigradových pojiv ke speciálním výkonovým pojivům. Důvodů pro tuto novou orientaci je hned několik:

- dostupnost vhodných rop je limitovaná a s rozvojem dalších regionů světa bude čím dál vzácnější komoditou,
- petrochemický průmysl nemá zájem na zvýšené produkci asfaltových pojiv, jelikož tento destilační zbytek z ekonomického hlediska nemá pro rafinerie dostatečnou ekonomickou přidanou hodnotu,
- rostoucí důraz na recyklaci starších konstrukcí a zvyšování podílu asfaltového recyklátu v asfaltové směsi bude vyžadovat adekvátní pojiva, která v maximální míře budou aktivovat a „oživí“ asfaltové pojivo z materiálu původní konstrukce,
- omezení celkové tloušťky konstrukce vozovky při zachování požadovaných charakteristik,
- zlepšit trvanlivost a životnost asfaltové směsi v kontextu výše uvedeného bude možné jen s využitím asfaltových pojiv, která budou aditivována či modifikována hned několika přísadami a modifikátory. Toto hledisko povede k potřebě mnohem intenzivnější spolupráce stavebních inženýrů a chemiků, případně i nanotechnologů.

Oblast nanotechnologií je přitom teprve ve svých počátcích, nicméně jak v oblasti vhodných přísad, tak i například vláken uplatňovaných v některých typech asfaltových směsí představuje zcela novou oblast, která může vyústit k postupnému rozvoji inteligentních konstrukčních vrstev. Ty budou reagovat na konkrétní podmínky klimatu a zatížení a současně v budoucnosti budou pravděpodobně mít rozvinutou schopnost samoregenerace.

3 Zkoušky vstupních materiálů pro asfaltovou směs

Mezi základní složky asfaltové směsi patří kamenivo jako plnivo a asfalt jako pojivo. Většinou se do asf. směsi přidává mletý vápenec jako kamenná moučka ke zlepšení pojivových vlastností. Jestliže je kamenivo s dostatečným obsahem vápence, tak není třeba. Rovněž se do asf. směsi přidává R-materiál, což taky není podmínkou. Z důvodu lepší přilnavosti asfaltu ke kamenivu se do asfaltu přidává v malém množství přísada. V mém případě se jedná o Wetfix.

3.1 Zkoušky kameniva

Kamenivo patří mezi základní složky asfaltové směsi, kde tvoří složku s největším zastoupením. Velikosti různých frakcí v asfaltové směsi jsou z důvodu vyplnění mezer mezi jednotlivými zrny a tím dosažení požadovaných vlastností.

Základními zkouškami kameniva jsou: Stanovení hmotnostního podílu jemných částic, Posouzení jemných částic pomocí methylenové modři, Stanovení zrnitosti kameniva a Stanovení tvaru zrn – tvarový index.

Provádějí pro zjištění mechanických fyzikálních a chemických vlastností. Zkoušky se mohou provádět jak na celku, tak na jednotlivých frakcích. Kvalita kameniva použitého do obrusných vrstev přímo ovlivňuje bezpečnost a plynulost při jízdě po silničních komunikacích.

V asfaltové směsi bude použito kamenivo z Bohučovic následujících frakcí:

- frakce 0/4
- frakce 4/8
- frakce 8/11

3. 1. 1 Stanovení zrnitosti kameniva dle ČSN EN 933-1 [4]

Uvádí postup pro stanovení zrnitosti kameniva s použitím zkušebních sít. Používá se u kameniva až do jmenovité velikosti zrna 63 mm.

Zrnitost kameniva se určuje u všech frakcí kameniva a taky u R – materiálu, ale až po extrakci.

Podstata zkoušky

Zkouška se skládá z roztřídění a oddělení materiálu pomocí sady sít do několika frakcí se sestupnou velikostí otvorů. Otvory sít a počet sít jsou vybrány dle druhu vzorků a požadované přesnosti. Hmotnost částic, které zůstaly na jednotlivých sítích se porovnává s původní hmotností materiálu. Součet propadu jednotlivými sítí v procentech se zaznamenává, a pokud se to vyžaduje, vyjádří se také graficky.



Obr.1 Sada normových sít k určení pro stanovení křivky zrnitosti

Vyhodnocení:

Pro zkoušenou navážku se zvlášť vypočte dílčí zbytek na každém síti normové sady v procentech dle rovnice, kromě síta 0,063 mm:

$$a_d = \frac{m_{zd}}{\Sigma m_{zd}} \cdot 100, \text{ kde} \quad (1)$$

m_{zd} hmotnost dílčího zbytku navážky na daném d-tém síti v g;

Σm_{zd} úhrnná hmotnost celé zkoušené navážky, vyjádřená jako součet všech dílčích zbytků včetně hmotnosti odplavitelných částic v g.

Všechny výsledky zkoušky se zaokrouhlí s přesností na 1 % navážky.

Stanovení hmotnostního podílu jemných částic, které propadly sítem 0,063 mm:

Hmotnostní podíl jemných částic udává procentuální zastoupení částic do velikosti max. 0,063 mm. Stanoví se promýváním kameniva vodou, z rozdílu hmotnosti vysušené navážky před promytím a po něm. Podíl jemných částic byl stanoven procezovacím způsobem, při němž po rozmíchání kameniva s vodou se vodní suspenze procedí sítem velikosti 0,063 mm.



Obr.2 Normové síta s kamenivem pro stanovení podílu jemných částic

Vyhodnocení:

Hodnota obsahu jemných částic f v procentech hmotnosti kameniva se vypočítá z rovnice:

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100, \text{ kde} \quad (2)$$

M_1 hmotnost vysušené navážky před promýváním v kg;

M_2 hmotnost vysušené navážky po promývání v kg;

P hmotnost propadu jemných částic na dně v kg.

Výsledky:

Tab. 1 Frakce 0/4

stanoveno:	obsah zrn $< 0,063 =$	8,2%	$U \pm 0,1\%$
------------	-----------------------	-------------	---------------

Tab. 2 Frakce 4/8

stanoveno:	obsah zrn $< 0,063 =$	0,8%	$U \pm 0,6\%$
------------	-----------------------	-------------	---------------

Tab. 3 Frakce 8/11

stanoveno:	obsah zrn $< 0,063 =$	1,1%	$U \pm 0,6\%$
------------	-----------------------	-------------	---------------

Tab. 4 Frakce 0/4

síto	propad
31,5	100,0%
22,4	100,0%
16	100,0%
11,2	100,0%
8	100,0%
5,6	100,0%
4	93,1%
2	58,6%
1	39,3%
0,5	27,8%
0,25	19,0%
0,125	11,9%
0,063	8,2%

Tab. 5 Frakce 4/8

síto mm	propad
31,5	100,0%
22,4	100,0%
16	100,0%
11,2	100,0%
8	93,3%
5,6	41,2%
4	3,5%
2	1,0%
1	1,0%
0,125	0,9%
0,063	0,8%

Tab. 6 Frakce 8/11

síto mm	propad
31,5	100,0%
22,4	100,0%
16	100,0%
11,2	92,7%
8	14,9%
5,6	4,4%
4	2,6%
2	1,9%
1	1,8%
0,5	1,7%
0,25	1,7%
0,125	1,4%
0,063	1,1%

Výsledky zkoušek jsou v příloze č. 1, 2, 3

3. 1. 2 Posouzení jemných částic pomocí methylenové modři dle ČSN EN 933-9 [6]

Podle normy ČSN EN 13043[28] platí, že v případě, kdy obsah jemných částic v drobném kamenivu nebo ve směsi kameniva 0/D s $D < 8$ mm není větší než 3 %, nepožaduje se další zkoušení.

Pokud je obsah jemných částic v drobném kamenivu 3% až 10 % hmotnosti, musí se obsah nevhodných jemných částic, které způsobují zahlinění, ve frakci 0/0,125 mm stanovit jako hodnota methylenové modře.

Tomuto požadavku odpovídá frakce 0/4 mm.

Podstata zkoušky

Do suspenze zkušební navážky s vodou se přidává roztok methylenové modře. Absorpce barevného roztoku zkušební navážkou je po každém přidání roztoku kontrolováno zkouškou zbarvení filtračního papíru k zjištění přítomnosti nevázaného barviva. Pokud je přítomnost nevázaného barviva potvrzena, vypočte se hodnota methylenové modře a vyjádří se v gramech barviva adsorbovaných jedním kilogramem zkoušené frakce.



Obr.3 Přístroj na posouzení jemných částic

Výpočet a vyjádření výsledků

Hodnota methylenové modře MB, vyjádřena v gramech barviva na jeden kilogram 0/2 mm frakce se vypočte podle následujícího vztahu :

$$MB = \frac{V_1}{M_1} \cdot 10, \text{ kde} \quad (3)$$

M_1 hmotnost zkušební navážky v g;

V_1 celkový objem vstříknutého roztoku barviva v mm.

Výsledky:

Hodnota methylenové modře: MB = 5,0

Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 4

3. 1. 3 Stanovení tvaru zrn - tvarový index dle ČSN EN 933-4 [5]

Určuje metodu pro stanovení tvarového indexu hrubého kameniva. Zkušební postup uvedený v této evropské normě je vhodný pro frakce kameniva 4/63 mm, takže pro tuto směs bude prováděný pro frakce 4/8 a 8/11 mm.

Podstata zkoušky

Jednotlivá zrna ve vzorku hrubého kameniva jsou roztríděována na základě poměru jejich délky L ke tloušťce E pomocí dvoučelistového posuvného měřítka, pokud je to nutné. Tvarový index se vypočte jako hmotnostní podíl zrn, jejichž poměr rozměrů L/E je větší než 3 a vyjádří se jako procento celkové hmotnosti zkoušených zrn.



Obr. 4 Posuvné měřítko pro stanovení tvarového indexu

Vyjádření výsledků

Tvarový index SI se vypočte podle následujícího vztahu:

$$SI = \left(\frac{M_2}{M_1} \right) \cdot 100, \text{ kde} \quad (4)$$

M_1 hmotnost zkušební navážky v g;

M_2 hmotnost nekubických zrn v g.

Výsledky:

Frakce 4/8: tvarový index = 23

Frakce 8/11: tvarový index = 18

Výsledky zkoušek jsou v příloze č. 2, 3

3. 2 Zkoušky kamenné moučky

Kamenná moučka, jejíž většina zrn propadne sítem 0,063 mm se nazývá filer.

Určuje metodu prosévání proudem vzduchu pro posouzení zrnitosti fileru podle hmotnosti. Používá se pro filer až do jmenovité velikosti zrn 2 mm.

Kamenná moučka se používá do asfaltových směsí jako nejjemnější frakce kameniva, která nám uzavírá čáru zrnitosti. Jako kamenná moučka se především užívá mletý vápenec podle ČSN 72 1210 [32] a ČSN 72 1220 [33]. Kamenná moučka musí být suchá, bez shluků, nesmí obsahovat organické látky a propad sítem 0,063 mm musí činit více jak 70 %.

Částice kamenné moučky jsou již poměrně malé, s vysokým specifickým povrchem, který v dotyku s kapalnou fází umožní významný účinek adhezivních sil ve vlastním koloidním systému asfaltu. Adhezivní síly jsou vyšší než kohezivní síly ve vlastní kapalně fází a projevují se podstatným zvýšením viskozity asfaltového tmelu. Běžně se hovoří o ztužujícím účinku filerů, zvýší se penetrace, bod měknutí asfaltových tmelů i reologické

vlastnosti a pevnosti asfaltové směsi. Obsah kamenné moučky v asfaltových kobercích také příznivě působí proti vzniku podélných i příčných deformací.

3. 2. 1 Stanovení zrnitosti jemných částic jako kameniva ČSN EN 933-10 [7]

Pro průkazní zkoušky byl použit mletý vápenec z Lietavské Lúčky odebraný ze zásobníku obalovny Polanka.

Účel a podstata zkoušky

Zkouška sestává z roztřídění a oddělení jednotlivých zrn fileru pomocí řady sít do několika frakcí se sestupnou velikostí. Zkouška je zvláště vhodná pro materiály, které když jsou suché nemají sklon ke shlukování ani k elektrostatickým nábojům. Zvolená metoda je prosévání za sucha proudem vzduchu.

Hmotnost zrn propadlých každým sítem je vztažena k původní hmotnosti materiálu. Získaná procenta se používají buď v číselném vyjádření nebo v grafickém znázornění.



Obr. 5 Prosévací přístroj pro prosévání proudem vzduchu

Vyhodnocení:

Procentuální dílčí zbytek navážky na každém síti normové sady se vypočte ze vzorce :

$$a_d = \frac{m_{2d}}{m_1} \cdot 100, \text{ kde} \quad (5)$$

m_1 je hmotnost celé navážky (g)

m_{2d} je hmotnost dílčího zbytku navážky na daném d - tém síti (g)

Výsledek se uvádí v celkových propadech daným sítem, který se získá jako součet dílčích zbytků na všech sítích s velikostí oka menší než je příslušné síto, kde je propad počítán.

Výsledky:

Tab. 7: Propad jemných částic

	zkušební vzorek g	50,4				
	prázdné	síto+víko+	zbytek	propad sítem		
	síto+víko g	+zbytek g	na sítu g	stanoveno	požadováno	U=+ /-
2	795,9	795,9		100,0%	100%	
0,125	553,0	559,8	6,8	86,5%	85,0 %	8,7%
0,063	525,6	532,8	7,2	85,7%	70,0 %	8,6%

Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 10

3. 3 Zkoušky asfaltů

Asfalt je základní složkou asfaltových směsí plnící funkci pojiva mezi kostrou směsi (hrubé kamenivo) a její výplní (drobné kamenivo spolu s filerem). Asfalt kamenivo obaluje, na zrna kameniva se váže adhezívními silami a kohezívními silami čímž dochází ke stmelení směsi.

Vlastnosti asfaltů odvozujeme z normovaných zkoušek, kterými jsou penetrace, bod měknutí a přilnavost asfaltu ke kamenivu. Ze dvou asfaltů o stejné penetraci je z hlediska

asfaltové směsi kvalitnější ten, který má vyšší bod měknutí. Ze dvou asfaltů o stejném bodu měknutí je kvalitnější ten, který má vyšší penetraci. Je tomu tak proto, že mají nižší teplotní citlivost.

Pro účely této diplomové práce byl použit asfalt 50/70 z Obalovny Polanka, jehož základní vlastnosti jsou stanovené normou ČSN EN 12591 [18].

3. 3. 1 Stanovení penetrace jehlou dle normy ČSN EN 1426 [8]

Specifikuje metodu na stanovení konsistence asfaltů a asfaltových pojiv. Běžný postup je popsán pro penetraci do 330 x 0,1 mm. Pro penetraci nad touto hodnotou, až do 500 x 0,1 mm, jsou nezbytné jiné zkušební podmínky.

Podstata zkoušky

Měří se průnik normalizované jehly do vytemperovaného analytického vzorku. Zkušební podmínky zkoušky pro penetraci do 330 x 0,1 mm jsou teplota 25 °C, aplikované zatížení 100 g a doba zatížení 5 s. Při penetraci nad 330 x 0,1 mm je zkušební teplota snížena na 15 °C, ale zkušební podmínky jako aplikované zatížení a doba zatížení se nemění.



Výsledky zkoušky

Výsledek penetrační zkoušky charakterizuje konzistenci polotuhých silničních asfaltů při teplotě 25 °C a je základním kritériem pro jejich třídění a posuzování. Penetrace je konzistence vzorku materiálu vyjádřená jako hloubka v desetinách milimetrů, do které svisle vnikne normalizovaná jehla za stanovených podmínek teploty, zatížení a doby zatěžování.

Normální penetrací rozumíme hloubku v 0,1 mm, do níž vnikne zkušební jehla zatížená 1 N za 5 sekund.

Výsledky:

Tab. 8: Hodnoty penetrace jehlou

stanovené hodnoty		
1	63,0	0.1 mm
2	62,0	0.1 mm
3	62,0	0.1 mm

Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 6

3. 3. 2 Stanovení bodu měknutí – kroužek kulička KK dle ČSN EN 1427 [9]

Specifikuje metodu na stanovení bodu měknutí asfaltu a asfaltových pojiv v rozmezí od 28 do 150 °C.

Zkouškou se zjistí chování asfaltu při vyšších teplotách a stanoví se horní hranice oboru plasticity. Potom již asfalt při zvyšování teploty přechází pozvolně do stavu tekutého. Bod měknutí závisí na viskozitě vzorku, na jeho povrchovém napětí, na rychlosti stoupání teploty při zahřívání.

Účel a podstata zkoušky

Dva kotoučky z asfaltového pojiva, odlité v mosazných kroužcích s osazením se zahřívají řízenou rychlostí v kapalinové lázni, přičemž n každém z nich je umístěna ocelová kulička. Bod měknutí se zaznamená jako průměr teplot, při níž asfalt působením zvyšované teploty změkne natolik, že ocelová kulička průměru 9,5 mm, položená na vrstvě asfaltu, zahříváné předepsaným způsobem, pronikne vrstvou asfaltu a protáhne ji do hloubky $25 \text{ mm} \pm 0,4 \text{ mm}$ pod spodní okraj prstenu.



Obr. 7 Přístroj Infratest pro stanovení bodu měknutí KK

Vyhodnocení

Výsledná hodnota bodu měknutí stanovená zkouškou kroužek kulička je aritmetický průměr ze dvou měření, zaokrouhlený na $0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Výsledky:

Tab. 9: Hodnoty bodu měknutí

stanovené hodnoty		
1	49,6	°C
2	49,6	°C

Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 6

3. 3. 3 Stanovení přilnavosti asfaltu ke kamenivu dle ČSN 73 6161 [3]

Platí pro zkoušení přilnavosti silničních asfaltů. Přilnavost ovlivňuje jakost a životnost krytů netuhých vozovek z asfaltových směsí. Může být též měřítkem účinnosti adhezní přísady použité na zlepšení přilnavosti. Přilnavost k vlhkému kameniv je zároveň ukazatelem možností jeho použití za vlhkého počasí.

Přilnavost (adheze) asfaltu ke kamenivu je schopnost asfaltového filmu potaženém na plochách zrn kameniva odolávat jeho vypírání vodou. Přilnavost se bude určovat na kamenivu frakce 8/11 bez přísady a s 0,2 % Wetfixu.



Obr. 8 Miska s obaleným kamenivem pro stanovení přilnavosti asfaltu






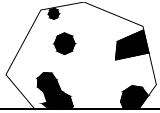
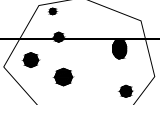
Podstata zkoušky

Kamenivo se obalí za podmínek předepsaných v normě zkoušeným asfaltovým pojivem, vystaví se na 1 hodinu účinkům teplé (obnažovací) vody a vyhodnotí se míra porušení asfaltového povlaku na povrchu zrn obaleného kameniva.

Vyhodnocení a záznam výsledků:

Přilnavost asfaltu ke kamenivu se hodnotí procentem obalené plochy na konci zkoušky. Jako pomůcku pro stanovení procenta obalené plochy lze použít tabulku 2.8.

Tab. 10: Vyhodnocení přilnavosti

Procento obalené plochy	Asfaltem obalené zrno kameniva	Charakteristika asfaltového spojení filmu	Poznámka
100		A	Celé zrno obaleno, hrany a rohy mohou být slabě potaženy průsvitným filmem
90		B	Zrno obaleno slabě, na zbylé ploše mohou být drobně obnažená místa (hrany , rohy, drobné plošky)
80		C	Obnažené hrany a rohy, zbylá plocha zrna obalena
70		D	Obnažené hrany a rohy, na ostatní ploše se vyskytují neobalená místa
50		E	Obnažené hrany a rohy, na ostatní ploše se vyskytují neobalená místa, obalená plocha převládá
40		F	Neobalená plocha převládá, obalená plocha je tvořená ještě jednotlivými souvislými plochami
20		G	Nesouvislý obalený povrch tvořený jednotlivými kapkami asfaltu

Přilnavost asfaltu ke kamenivu je hodnocena jako:

- Výborná, má-li více než 75% zrn zkušebního vzorku charakteristiku spojení asfaltového filmu s kamenivem A; u zbývajících zrn nesmí být charakteristika nižší než B. (procento obalené plochy větší než přibližně 90%)
- Dobrá, má-li více než 75% zrn zkušebního vzorku charakteristiku spojení asfaltového filmu s kamenivem B (nebo lepší); u zbývajících zrn nesmí charakteristika klesnout pod C.
- (procento obalené plochy větší než přibližně 90%)
- Vyhovující, má-li více než 75% zrn zkušebního vzorku charakteristiku C (nebo lepší); u zbývajících zrn nesmí
- charakteristika klesnout pod D.
- (procento obalené plochy větší než přibližně 80%)
- Nevyhovující, má-li více než 75% zrn charakteristiku C
- (Celková neobalená plocha po zkoušce je větší než 35 %).

Výsledky:

Asfalt 50/70

Vyhodnocení: Přilnavost asfaltu ke kamenivu hodnocená jako dobrá

Asfalt 50/70 + Wetfix 0,2 %

Vyhodnocení: Přilnavost asfaltu ke kamenivu hodnocená jako výborná

Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 7, 8

3. 4 Stanovení vlastnosti R - materiálu dle ČSN EN 13108-1 [14]

R-materiál lze použít jako stavební materiál pro výrobu asfaltových směsí vyrobených za horka v obalovně podle specifikací těchto směsí.

Zrnitost kameniva, vlastnosti a obsah pojiva a znečišťující složky v R-materiálu jsou důležité pro kvalitu výrobku, tj. novou asf. směs, do které má být přimíchán. Velikost zrn asf. směsi v R-materiálu, která se může různit od velkých kusů po jemnozrnný odfrézovaný materiál, je důležitá pouze pro postup, kdy se zamíchává R-materiál do nově vyráběné směsi.

Protože požadavky na asf. směsi jsou stejné po směsi s R-materiálem i bez něho, úroveň homogenity materiálu určuje v praxi max. množství R-materiálu, které lze použít.

Jako surovina byl použit R-materiál ze skládky obalovny Polanka. Obalovna si materiál drtí a třídí pro další použití v návrzích nových směsí.

Účel a podstata zkoušky:

Rozbor živičné směsi pomocí extrakce umožňuje stanovit složení vzorků živičné směsi zhotovených v laboratoři, při výrobě nebo odebraných z hotové úpravy (vývrty, výseky) nebo v našem případě ze skládky. Zjišťuje se zejména obsah pojiva, kameniva, případně vlastnosti pojiva a čára zrnitosti kameniva (směsi kameniva).

Zkušební vzorek živičné směsi se připraví do připravených a zvážených patron. Naplněná patrona se zváží a umístí se do extraktoru. V přístroji se směs prolívá horkým rozpouštědlem. Ukončení extrakce se zjišťuje podle barvy rozpouštědla, ukončí se až je čirá barva. Po ukončení a zchladnutí patrony se směs vysuší a poté zváží. V patroně zbude pouze čisté kamenivo a lze tedy určit obsah asfaltu.

Pro rozbor živičné směsi je nutno vzít v úvahu i jemné částičky fileru, proniklé skrz stěny filtrační patrony. Za tím účelem se extrakt dekatuje a odstředěním se zbaví zbytku pevných částic. Hmotnost usazeniny se připočte k hmotnosti kameniva.



Obr. 9 Přístroj pro extrakci asfaltové směsi

3. 4. 1 Zrnitost R - materiálu

Zkouší se jako pro kamenivo dle kap. 2. 1. 1. Kamenivo se ze směsi oddělí extrakcí v extraktoru za horka, kde se R - materiál proplachuje rozpouštědlem. Jako rozpouštědlo se používá trichlorethylen.

Výsledky:

Tab. 11: Stanovení zrnitosti R-materiálu:

síto	propady
31,5	100%
22,4	100%
16	100%
11,2	98%
8	92%
4	68%
2	51%
0,125	16%
0,063	13,2%

Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 5

3. 4. 2 Vlastnosti pojiva

Rozbor směsi pomocí extrakce umožňuje stanovit složení vzorků asfaltu. Zjišťuje se zejména obsah pojiva, popřípadě vlastností pojiva.

Vyhodnocení a záznam výsledků:

Obsah pojiva vázaného v zrnech kamenné směsi P_n se stanoví:

$$P_n = 0,013 \times q_f + 0,05, \text{ kde} \quad (6)$$

q_f je obsah fileru v kamenné směsi v %

Pokud je vypočítaná hodnota P_n vyšší než 0,6 uvažuje se pro výpočet celkového obsahu pojiva pouze hodnotou 0,6.

Ze zjištěných hodnot se obsah živичného pojiva p v % hmotnosti vypočte ze vzorce:

$$p = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 + P_n, \text{ kde} \quad (7)$$

m_1 je hmotnost extrakčních patron a vaty v g

m_2 je hmotnost extrakčních patron a vaty, naplněných živичnou směsí před extrakcí v g

m_3 je hmotnost extrakčních patron a vaty, naplněných vyextrahovanou živичnou směsí v g, včetně hmotnosti jemných částic fileru

Výsledky:

Stanovení obsahu rozpustného pojiva ve směsi stanovený: 5,8%

Tab. 12: Stanovení bodu měknutí KK:

stanovené hodnoty		
1	43,3	°C
2	43,5	°C

Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 9

4 Návrh asfaltové směsi podle ČSN 73 6160 [2]

Návrh složení asfaltové směsi vychází z požadavků příslušných technických norem, které předepisují druh a kvalitu stavebních materiálů, požadavky na složení asfaltové směsi a její fyzikální a fyzikálně mechanické vlastnosti. Materiály pro asfaltové směsi se zkoušejí podle platných zkušebních norem.

Návrh bude provedený pro asfaltovou směs ACO 11 s R-materiálem.

Hodnota penetrace nebo bodu měknutí pojiva ve výsledné směsi vypočítaná z hodnot penetrace nebo bodů měknutí přidaného pojiva a pojiva znovuzískaného R-materiálu, musí splňovat požadavky na hodnoty penetrace nebo bodu měknutí zvolené gradace asfaltu.

V současné době se upouští od ručního návrhu asfaltových směsí a vše je řešeno pomocí příslušných softwarů, jak již bylo zmíněno.

Program Labex je speciálně vyvinutý program pro potřeby laboratoře TPA ČR, s.r.o. Tento program bude použitý i pro řešení návrhu asfaltové směsi ACO 11 s R-materiálem.

Z vypočteného množství pojiva a z křivky zrnitosti se navrhne asfaltová směs a vyrobí se Marshallova zkušební tělesa. Pro ověření optimálního množství asfaltu v asfaltové směsi se vyrobí předepsaným počtem úderů pět sérií těles. Jednotlivé série mají odstupňovaný obsah po 0,3 hmotnostních dílech pojiva na 100 hmotnostních dílů kameniva, tak aby dvě série obsahovali méně a dvě více než předpokládané optimální množství asfaltu.

Na Marshallových tělesech se pak stanoví objemová hmotnost a pak maximální objemová hmotnost asfaltové směsi. Následně se vyhodnotí podle požadavků pro daný druh směsi: vždy mezerovitost a obsah asfaltu, popřípadě stupeň vyplnění mezer pojivem, pokud je požadován a mezerovitost směsi kameniva. Hodnoty k vyhodnocení se vynesou do grafů a z těchto se stanoví návrhové množství pojiva.

4. 1 Návrh čáry zrnitosti

Ke stanovení čáry zrnitosti směsi kameniva je nutné znát čáry zrnitosti jednotlivých frakcí kameniva i s R-materiálu a vápencové moučky. Odhadem se zvolí procentuální zastoupení každé frakce ve směsi kameniva. Pro každé síto se sečte celkový propad výsledné směsi. Posoudí se, zda vypočítaná čára zrnitosti směsi kameniva leží uvnitř oboru zrnitosti, tj. mezi horní mezní čarou zrnitosti a dolní mezní čarou zrnitosti příslušné asfaltové směsi. V případě, že navržená čára zrnitosti směsi kameniva nevyhovuje, opakuje se výpočet se změnou zvoleného procentuálního zastoupení frakcí.

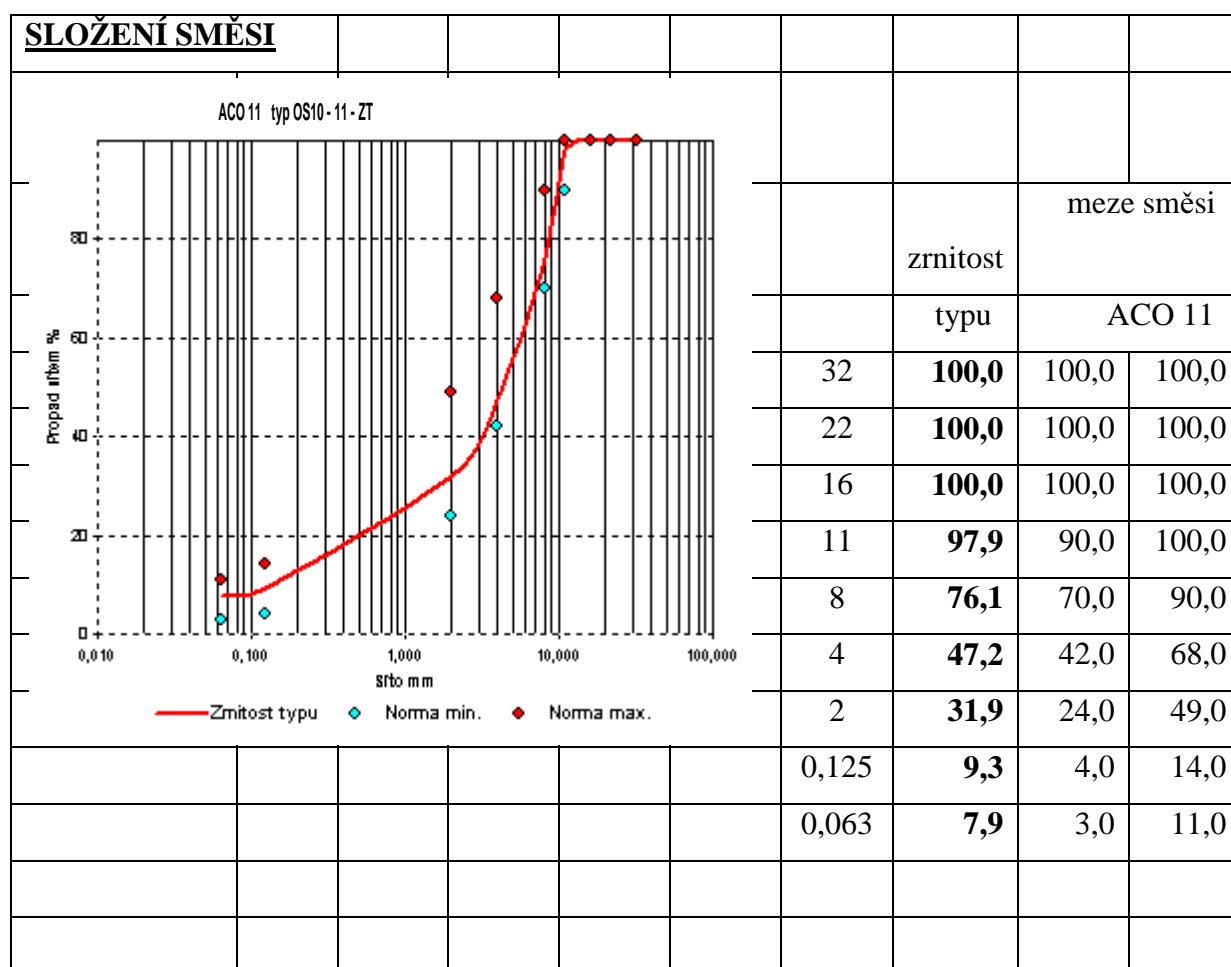
V současné době se upouští od ručního návrhu a vše je řešeno pomocí příslušných softwarů. Program, jež využívá laboratoř TPA ČR, s.r.o. se nazývá Labex.

Výsledky:

Tab. 13: Zrnitosti jednotlivých materiálů

Kamenivo	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>F</i>	<i>R</i>
frakce	0/4	4/8	8/11				VJM 7	16 RA 0/11
druh	SDK	HDK	HDK				mletý váp.	
dávka %	35%	22%	25%				3%	15%
zdroj	Bohučovice	Bohučovice	Bohučovice				Lietavská Lůčka	depo obalovny
31,5	100,0	100,0	100,0				100,0	
22,4	100,0	100,0	100,0				100,0	
16	100,0	100,0	100,0				100,0	
11,2	100,0	100,0	92,7				100,0	98,0
8	100,0	93,3	14,9				100,0	92,0
4	93,1	3,5	2,6				100,0	68,0
2	58,6	1,0	1,9				100,0	51,0
0,125	11,9	0,9	1,4				86,5	16,0
0,063	8,2	0,8	1,1				85,7	13,2%

Tab. 14: Křivka zrnitosti navržené směsi s jednotlivými propady



Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 11

4.2 Stanovení teoretického optimálního množství pojiva

Optimální množství pojiva v asfaltové směsi, při které asfaltová směs s daným složením kameniva dosahuje nejvýhodnějších fyzikálně mechanických parametrů. Podle zkoušky se optimální množství pojiva určí buď jednou číselnou hodnotou nebo rozmezím vyhovujících hodnot.

Optimum pojiva je číselná hodnota udávající optimální množství pojiva v asfaltové směsi, stanovené zkouškou ve vodě, případně zvolená z intervalu optima. Udává se do výrobního předpisu. Pro asfaltový beton se stanoví výpočtem dle součinitele sytosti.

Teoretické množství pojiva p se vypočítá podle vzorce :

$$p = n\sqrt[3]{\varepsilon}, \text{ kde} \quad (8)$$

n je součinitel sytosti (3,4 pro obrusné vrstvy)

ε je měrný povrch kameniva v $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$

Měrný povrch kameniva se stanoví jako součet měrných povrchů jednotlivých frakcí s ohledem na jejich procentuální zastoupení ve směsi.

Pro běžně používané frakce se výpočet provede podle upraveného vzorce:

$$\varepsilon = 0,01(0,174G + 0,40g + 2,30S + 15,33s + 140f), \text{ kde}$$

G je podíl kameniv v % hmotnosti, které zadrží síto 8

g je podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítem 8 a zadrží síto 4

S je podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítem 4 a zadrží síto 0,25

s je podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítem 0,25 a zadrží síto 0,063

f je podíl kameniva v % hmotnosti, které propadne sítem 0,063

U jednotlivých sérií se podle potřeby stanoví požadované fyzikální a fyzikálně mechanické vlastnosti asfaltové směsi.

Výsledky:

Tab. 15: Množství navrženého pojiva

				stanovená	požadováno ČSN EN 13108-1		zkušební
				hodnota	min	max	metoda podle
Obsah přidaného pojiva				4,90%			ČSN EN 12697-1
Obsah rozpustného pojiva ve směsi B				5,60%	5,60%		ČSN 736121 C.7.1.b
<i>v tom rozpustné pojivo z recyklátu</i>				0,83%			ČSN EN 12697-1
Objem rozpustného pojiva ve směsi B_{vol}				13,20%	13,00%		ČSN EN 131087-1

Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 13

4.3 Příprava zkušebních těles rázovým zhutňovačem dle ČSN EN 12697-30 [13]

Popisuje metody výroby zkušebních těles asfaltových směsí pomocí rázového zhutňovače. Taková tělesa jsou používána zejména při stanovení objemové hmotnosti a jiných technologických charakteristik.

Vztahuje se na asfaltové směsi s kamenivem o zrnitosti do 22,4 mm.

Podstata zkoušky:

Pro přípravu zkušebních těles se vytemperovaná asfaltová směs nasype do ocelové formy pro hutnění. Potom se zhutní v rázovém zhutňovači hutnicím beranem pěchu, který padá z předepsané výšky požadovaným počtem rázů na bicí hlavu pěchu, uloženou na horním povrchu zkušebního tělesa. Zkušební těleso se pak nechá vychladnout na laboratorní teplotu.

4.3.1 Příprava směsi

Rozměry zkušebního tělesa: průměr ($101,6 \pm 0,1$) mm a výška ($63,5 \pm 8$) mm. K přípravě jednoho tělesa je zapotřebí cca 1100 g asfaltové směsi o maximální velikosti zrna 22 mm. Při přípravě asfaltové směsi v laboratoři se jednotlivé vytríděné frakce kameniva naváží, navzájem promísí a ohřejí na správnou teplotu, pak se přidá horké pojivo.

Teplota směsi na počátku hutnění nesmí klesnout pod 145 °C dané pro směs ACO 11 s R-materiálem. Kamenná moučka se přidává do kameniva a

rozehřívá se na teplotu kameniva, ale lze ji přidat až po asfaltu. Váží se s přesností ± 1 g.

Směs se míchá tak dlouho, až se všechna zrna dokonale obalí. Míchá se na laboratorní míchačce. Při míchání směsi se musí udržovat teplota tak, aby mícháním docházelo k co nejmenšímu ochlazování.

Výroba asfaltové směsi je přesně popsána v normě ČSN EN 12697-35 [27].



Obr. 10 Míchačka k výrobě asfaltové směsi



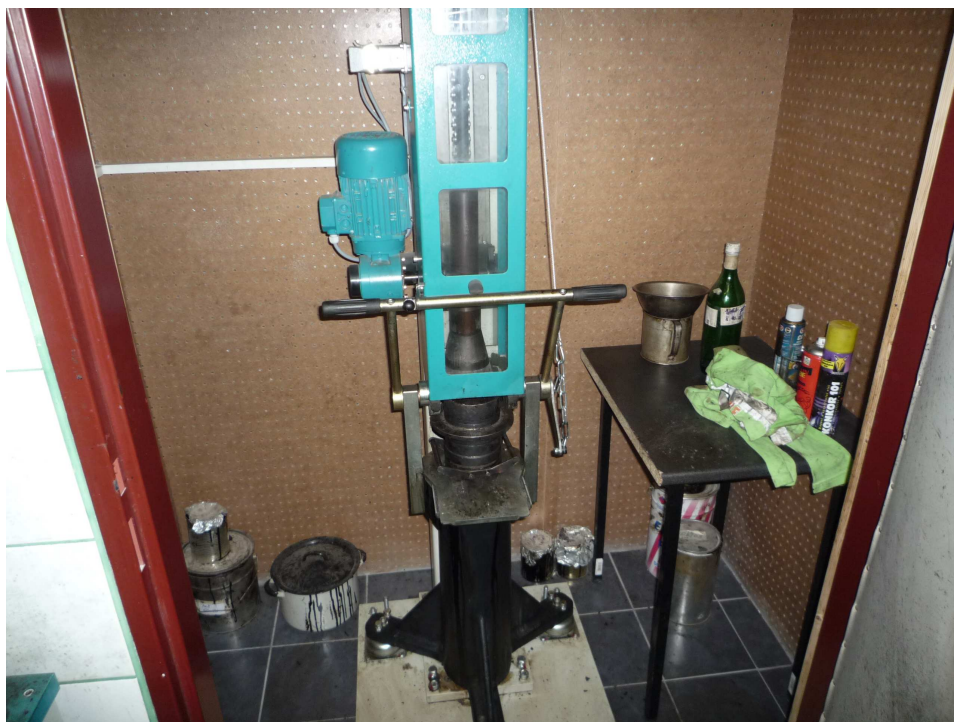
Obr. 11 Směs pro výrobu zkušebních vzorků

4. 3. 2 Výroba zkušebních těles

Forma pro hutnění s nástavcem a podložkou a bicí hlava se ohřejí v sušárně na teplotu směsi. Na dno formy se vloží kolečko z pergamenového nebo pazovacieho papíru. Ohřátá směs se vsype do formy. Povrch se upraví tak, aby prostřed vznikla plochá vyvýšenina, na níž se položí kolečko z papíru. Plnění směsi do formy a hutnění nesmí trvat déle než 4 minuty.

Forma se ihned připevní na hutnicí podstavec a směs se hutní úderý pýchem z výšky (460 ± 3) mm. Vzorek se hutní 2x 50 úderý. Po polovině celkového počtu úderů se díl formy se vzorkem obrátí tak, aby zhutněná strana vzorku spočívala na podložce, a směs se znovu zhutňuje týmž počtem úderů z téže výšky. Po zhutnění směsi a sejmutí nástavce se kolečka papíru z obou ploch odstraní.

Díl formy se vzorkem se uvolní a ochladí se na laboratorní teplotu. Po vychladnutí se pomocí vtlačovacího nástavce a vytlačovací vložky se zkušební těleso opatrně vytlačí z formy, umístí se na rovnou podložku a nechá se vychládnout na laboratorní teplotu. Výroba zkušebních těles je přesně popsána v normě ČSN EN 12697-30 [26].



Obr. 12 Příklad pro hutnění směsi



Obr. 13 Zhutněná zkušební tělesa

4. 4 Stanovení fyzikálních vlastností dle ČSN EN 13108-1 [14]

Určují hodnoty z asf. směsi a jejich zkušebních těles, které nám umožňují posoudit asf. směs dle daných požadavků pro její návrh.

Mezi nejdůležitější zkoušky patří Max. objemová hmotnost a Obj. hmotnost zhutněných těles, které se dělají přímo a pak následně zkoušky pouze výpočtem jako je Mezerovitost, Mezerovitost směsi kameniva, Vyplnění mezer pojivem a Objem asfaltu ve zhutněné směsi.

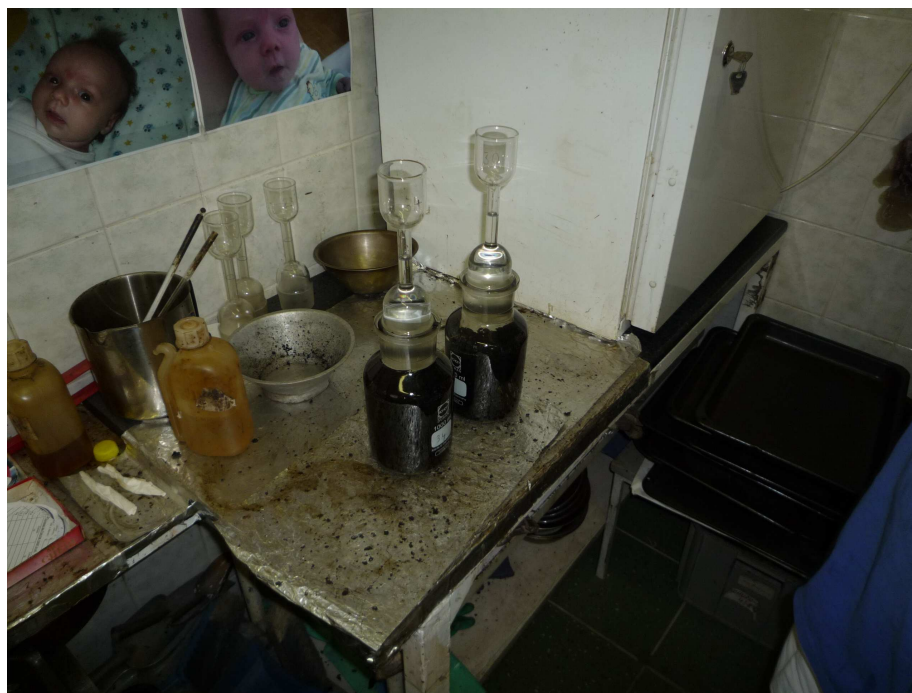
4. 4. 1 Stanovení maximální objemové hmotnosti dle ČSN EN 12697 – 5 [10]

Max. objemová hmotnost se společně s objemovou hmotností používá k výpočtu obsahu mezer ve zhutněném vzorku a dalších vlastností zhutněné asf. směsi, které se vztahují k jejímu objemu.

Objemová hmotnosti nezhutněné asfaltové směsi je hmotnost při dané zkušební teplotě, připadající na jednotku objemu asfaltové směsi bez mezer.



Obr. 14 Směs pro stanovení maximální objemové hmotnosti



Obr. 15 Pyknometry pro stanovení maximální objemové hmotnosti

Objemová hmotnost nezhutněné asfaltové směsi ρ_s se stanoví výpočtem.

$$\rho_s = \frac{m_1 - m_0}{V - \frac{m_2 - m_1}{h_r}}, \text{ kde} \quad (9)$$

- ρ_s je objemová hmotnost nezhutněné asfaltové směsi g/cm^3 ;
- m_0 hmotnost vysušeného a zváženého pyknometru s nástavcem v g
- m_1 hmotnost pyknometru s nástavcem a se zkušebním vzorkem v g;
- m_2 hmotnost pyknometru s nástavcem, zkušebním vzorkem a s rozpouštědlem v g;
- h_r hustota rozpouštědla v g/cm^3 ;
- V objem pyknometru s nástavcem v cm^3 .

Výslednou hodnotou je aritmetický průměr ze dvou souběžných stanovení, která se vzájemně neliší více než o $0,02 \text{ g.cm}^{-3}$. Pokud je rozdíl stanovení větší, je nutno zkoušku opakovat. Výsledek se udává s přesností na $0,001 \text{ g.cm}^{-3}$.

Výsledky:

Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 12

4. 4. 2 Stanovení objemové hmotnosti zhutněné živичné směsi dle ČSN EN 12697-6 [11]

Popisuje zkušební postup pro stanovení obj. hmotnosti zhutněného asfaltového zkušebního tělesa.

Zkušební těleso se zváží na vzduchu při laboratorní teplotě – hodnota m_1 . Pak se těleso ponoří do vody na dobu 1 minuty a zváží se ve vodě – hodnota m_2 . Po zvážení ve vodě se těleso povrchově vysuší a opět se zváží na vzduchu – hodnota m_3 .



Obr.16 Těleso pro stanovení objemové hmotnosti

Objemová hmotnost zhutněné živičné směsi ρ_{vz} v g.sm^{-3} se vypočte podle vzorce:

$$\rho_{vz} = \frac{m_1}{m_3 - m_2}, \text{ kde (10)}$$

m_1, m_2, m_3 jsou hodnoty zaznamenané v průběhu zkoušky

Výsledky:

Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 12

4. 4. 3 Mezerovitost dle ČSN EN 12697-8 [12]

Mezerovitost asf. zkušebního tělesa se vypočítá pomocí max. obj. hmotnosti směsi a obj. hmotnosti zkušebního tělesa.

Mezerovitost zhutněné živičné směsi M v % se vypočítá podle vzorce:

$$M = \left(1 - \frac{\rho_{vz}}{\rho_s} \right) \cdot 100 \quad (11)$$

4. 4. 4 Ostatní fyzikálně mechanické vlastnosti:

Mezerovitost směsi kameniva ve zhutněné živičné směsi M_k v % se vypočítá podle vzorce:

$$M_k = 100 - \frac{\rho_{vz} \cdot q}{\rho_{vs}}, \text{ kde} \quad (12)$$

q je podíl směsi kameniva v živičné směsi v % hmotnosti

Stupeň vyplnění mezer asfaltem S_v v % objemu ve zhutněné živичné směsi se vypočítá podle vzorce:

$$S_v = \frac{a}{M_k} \cdot 100, \text{ kde} \quad (13)$$

a je obsah asfaltu v živичné směsi v % objemu

Obsah asfaltu v živичné směsi v % objemu se podle vzorce:

$$a = \frac{A_p \cdot \rho_{vz}}{h_{20}}, \text{ kde} \quad (14)$$

A_p je obsah pojiva v živичné směsi v % hmotnosti

H_{20} je hustota pojiva v $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$

Výsledky:

Tab. 16: Hodnoty vlastností navržené směsi na obsahu asfaltu

	1	2	3	4	5	optimum
Přidané pojivo	4,3%	4,6%	4,9%	5,2%	5,5%	4,9%
Rozpustné pojivo	5,0%	5,3%	5,6%	5,9%	6,2%	5,6%
Obj. hm. zkuš. těles kg/m^3	2 334	2 359	2 368	2 376	2 385	2 368
Maximální obj. hm. kg/m^3	2 465	2 457	2 449	2 437	2 428	2 449
Mezerovitost zkuš. těles	5,3%	4,0%	3,3%	2,5%	1,8%	3,3%
Mezerovitost směsi kam. *	17,0%	16,5%	16,5%	16,5%	16,6%	16,5%
Vyplnění mezer	68,7%	75,8%	80,0%	84,8%	89,3%	80,0%

<i>pojivem *</i>						
<i>Objem asf. ve zhot. směsi *</i>	11,7%	12,5%	13,2%	14,0%	14,8%	13,2%

Výsledky zkoušky jsou v příloze č. 12

4. 5 Výsledné optimum pojiva dle ČSN 73 61 60 [2]

Z požadovaných mezních hodnot těchto parametrů pro danou směs v příslušné národní příloze výrobní normy se jejich promítnutím na graf závislosti parametru na obsahu pojiva vymezí dva subintervaly, jejichž překrytím se stanoví interval návrhového množství pojiva.

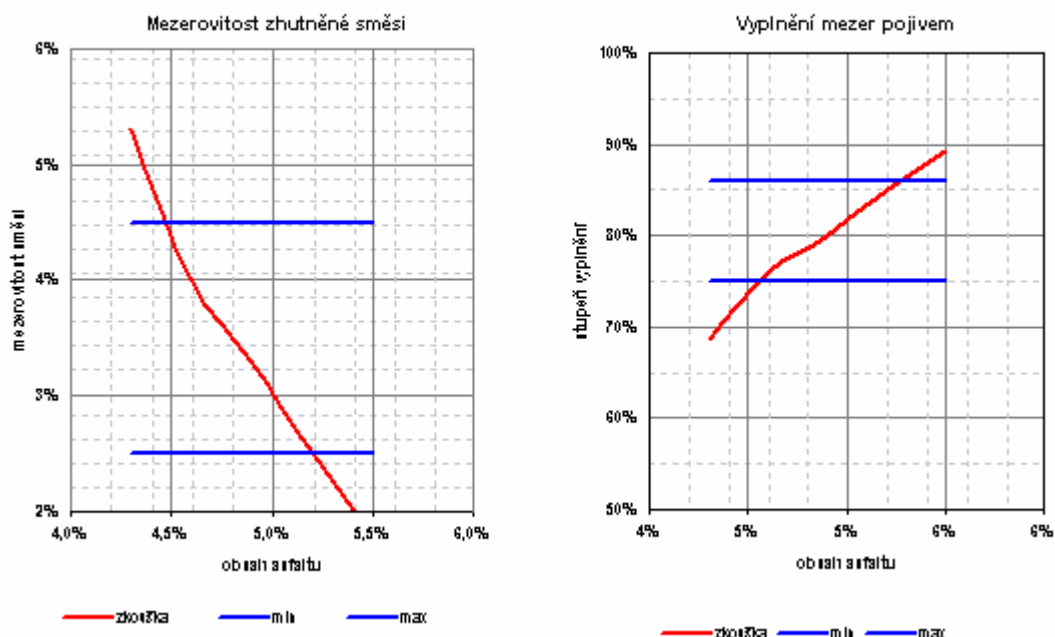
Pokud výsledky zkoušek splňují parametry stanovené národní přílohou, označí se tato hodnota množství pojiva jako výsledné optimum pojiva.

Pro navrhovanou směs byla vybrána hodnota obsahu přidaného pojiva 4,9 % na základě které byl stanoven výrobní předpis pro obalovnu.

Výsledky:

Graf č. 1: Závislost vlastností navržené směsi na obsahu asfaltu

ZÁVISLOST VLASTNOSTÍ NAVRŽENÉ SMĚSI NA OBSAHU ASFALTU



Tab. 17: Výrobní předpis pro obalovnu

směs = 100%		filér		dávkování vysušeného kameniva ze zásobníku					
Recyklát	asfalt	vratný	vápencový	1	2	3	4	5	6
14,3%	4,9%	5,0%	2,4%	18,4%	12,4%	23,4%	19,3%		
<i>Kontrolní hmotnosti komponentů v kg</i>									
143	49	50	24	184	124	234	193		

Výsledky jsou v příloze č. 13

5 Kontrolní zkoušky hotové úpravy asfaltové vrstvy dle ČSN 73 6160 [2]

Na hotové úpravě se podle ČSN 73 6121 Stavba vozovek – Hutnění asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody a podle souvisejících předpisů kontroluje míra zhutnění, spojení vrstev, mezerovitost vrstvy, rovnost povrchu případně IRI, příčný sklon, odchylky od projektových výšek, tloušťka vrstvy a protismykové vlastnosti.

Povrch hotové vrstvy musí být homogenní, bez výrazně segregovaných míst a bez dalších poruch v ploše i na spárách.

K prokazování shody hotové vrstvy slouží zkoušky prováděné na vzorcích hotové vrstvy odebraných podle ČSN EN 12697-27 a měření prováděná na hotové vrstvě.

Tyto zkoušky byly prováděny na stavbě: Oprava silnice II/470 ul. Orlovská, Ostrava.

Zkoušky jako je spojení vrstev, tloušťka vrstvy, míra zhutnění a mezerovitost jsem prováděl na vývrtech o průměru 100 mm.



Obr. 17 Vrtná souprava pro odběr vzorku sondy



Obr. 18 Vzorek sondy zkušebního tělesa

5. 1 Spojení vrstev

Spojení vrstev se stanovuje smykovou zkouškou spojení vrstev podle Leutnera. Četnost zkoušek je uvedena v ČSN 73 6121.

Touto zkouškou se stanoví největší smyková síla na styku asfaltových vrstev konstrukce vozovky. Zjištěná síla slouží k posouzení kvality spojení vrstev a splnění návrhových předpokladů konstrukce vozovky.

Při zkoušce spojení vrstev se namáhá jádrový vývrt vyjmutý z konstrukce vozovky v místě styku dvou asfaltových vrstev zatížením ve smyku, a to při konstantní rychlosti přetváření.

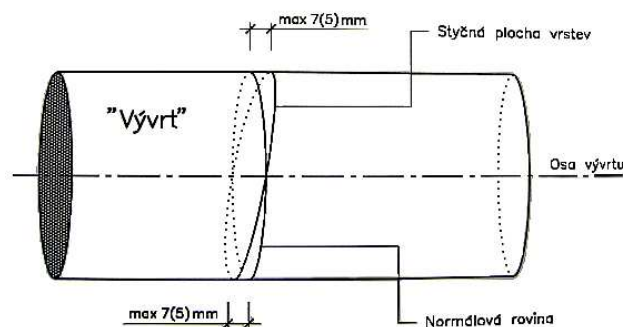


Obr. 19 Lis pro měření smykové síly

Výpočet a vyhodnocení zkoušky

Pro každou zkoušenou plochu se určí největší dosažená smyková síla F_{\max} (N)

Ve výsledcích zkoušky se nejvyšší dosažená smyková síla zaokrouhlí na 0,01 kN, současně se uvede i průměr vývrtu. Zkušební podmínky a výsledky zkoušky se evidují v prvotním záznamu o zkoušce a ve zkušebním protokolu.



Obrázek 20 – Zkušební těleso - jádrový vývrt

Výsledky zkoušek jsou v příloze č. 14, 15, 16, 17

5. 2 Míra zhutnění asfaltové směsi

Stanoví se jednou z následujících metod jako poměr:

- objemové hmotnosti zjištěné na vzorku odebraném z hotové úpravy (ve formě vývrtů či výseků) a vztažné objemové hmotnosti zjištěné při kontrolních zkouškách hodnoceného úseku, příslušné k místu odběru vzorku;
- objemové hmotnosti zjištěné na hotové úpravě nedestruktivními metodami a vztažné objemové hmotnosti zjištěné při kontrolních zkouškách hodnoceného úseku, příslušné k místu odběru vzorku;
- objemové hmotnosti zjištěné na vzorku odebraném z hotové úpravy (ve formě vývrtů či výseků) a vztažné objemové hmotnosti téhož vzorku přeformovaného v laboratoři na zkušební těleso postupem podle ČSN EN 12697-30.

Míra zhutnění se vyjadřuje v procentech.

Metoda podle bodu c) je vždy zatížena chybou jednak s ohledem na neznámost míry zestárnutí asfaltového pojiva v hotové úpravě a tím i neodpovídající teplotě při přehutňování a dále pak drcení zrn kamenné kostry. Oba dva tyto faktory mají za následek méně přesné

stanovení vztažné objemové hmotnosti. Při odběru vzorků pro stanovení míry zhutnění se odebere tolik materiálu, aby bylo možné zhotovit dvě přeformovaná zkušební tělesa, v případě rozhodčích zkoušek tři přeformovaná zkušební tělesa.

Při rozhodčích zkouškách jsou rozhodující míry zhutnění zjištěné způsobem podle bodu a). Pokud není k dispozici materiál k provedení výpočtu podle bodu a), je nutno postupovat podle bodu c). V tomto případě je zapotřebí stanovit penetraci pojiva po znovuzískání extrakcí a upravit teploty pro přeformování u nemodifikovaných pojiv z intervalu penetrace 35/50, 50/70 a 70/100 podle tabulky 1 ČSN EN 12697-35



Obr. 21 Vzorek z vývrtnu po oddělení

Výsledky zkoušek jsou v příloze č. 14, 15, 16, 17

5.3 Mezerovitost vrstvy

Mezerovitost vrstvy je stanovována na vývrtech v četnosti zkoušek uvedených v ČSN 73 6121. Zkušební postupy jsou uvedeny v odpovídajících částech ČSN EN 13 108. Vyjadřuje se v procentech.

Určí se podle objemové hmotnosti zjištěné na vzorku odebraném z hotové úpravy (ve formě vývrtnů či výseků) a vztažné maximální objemové hmotnosti téhož vzorku materiálu.



Obr. 22 Vzorek pro určení objemové hmotnosti pro mezerovitost

Výpočet

$$M = \left(1 - \frac{\rho_{bssd}}{\rho_{\max}} \right) \times 100, \quad (15)$$

kde: ρ_{bssd} je objemová hmotnost zhutněné směsi (např.: vývrtu) v Mg.m^{-3} stanovená podle ČSN EN 12697-6;

ρ_{\max} je maximální objemová hmotnost směsi Mg.m^{-3} stanovená podle ČSN EN 12697-5,

Výsledky zkoušek jsou v příloze č. 14, 15, 16, 17

5. 4 Tloušťka vrstvy

Měření tloušťky vrstvy se provádí jednou z metod uvedenou v ČSN EN 12697-36. Četnost zkoušek je uvedena v ČSN 73 6121.



Obr. 23 Vzorek pro měření tloušťky vrstvy

Vzorek se změří ve čtyřech místech a vypočítá se průměrná hodnota.

Výsledky zkoušek jsou v příloze č. 14, 15, 16, 17

5. 5 Rovnost povrchu

Nerovnost povrchu vozovky je kontrolována podle ČSN 73 6175 a to:

- podélná nerovnost latí délky 4m;
- příčná nerovnost latí délky 2m.

Případně je možno využít i jiných zkušebních zařízení poskytujících shodné výsledky. Četnost zkoušek je uvedena v ČSN 73 6121.

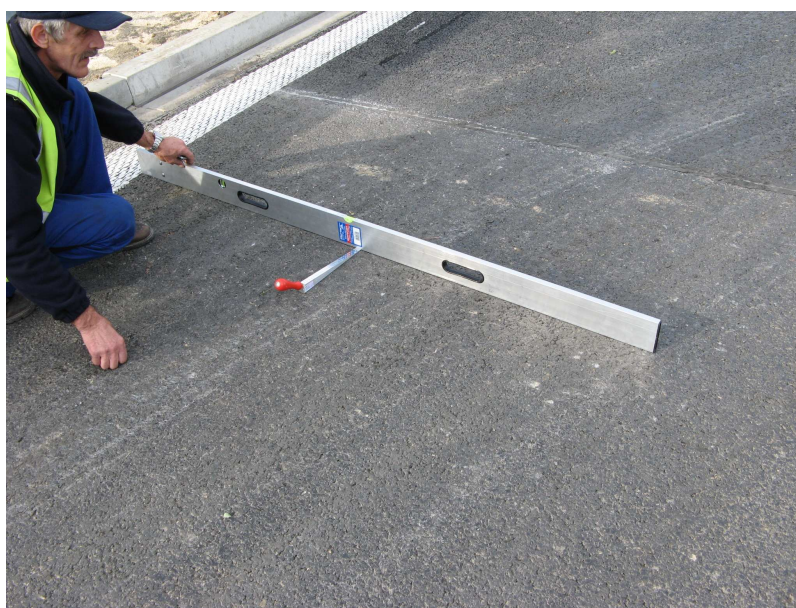
Pro měření podélné nerovnosti jsem využil zařízení tzv. Planograf, který se táhne lidskou silou 4 km/hod. nebo může být zapojen při rovných úsecích za automobil.

Při měření příčné nerovnosti lať se musí dbát na to, aby měření bylo v místě , které má největší prohlubeň a kde na obou stranách leží lať na vozovce.

Do protokolů pro příčné i podélné měření se zaznamenávají hodnoty staničen a hodnoty nerovností.



Obr. 24 Planograf pro měření podélné nerovnosti



Obr. 25 Lať pro měření příčné nerovnosti

Výsledky zkoušek jsou v příloze č. 18

5.6 Vyhodnocení podle ČSN 73 6121 [1]

Zkoušky vlastností se prováděly na čtyřech sondách. Každá sonda obsahovala jeden vývrt z hotové vrstvy.

Tab. 18: Sonda č. 1

				ACO 11		40	mm
	<u>Vyhodnocení výpisu</u>			tl. mm	míra zhut.	zbyt. mez.	spoje ní
		zjištěné hodnoty	min.	39	97,3%	5,8%	11,3
			max.	39	97,3%	5,8%	
			průměr	39,0	97,3%	5,8%	
		požadované hodnoty	min.	32	96,0%	2,0%	6,7
			max.	-	-	7,5%	
			průměr	36		-	
		počet nevyhovujících hodnot	min.				
			max.	-	-		
			nevyhovující průměr			-	

Tab. 19: Sonda č. 2

				ACO 11		40	mm
	<u>Vyhodnocení výpisu</u>			tl. mm	míra zhut.	zbyt. mez.	spoje ní
		zjištěné hodnoty	min.	39	97,1%	5,8%	11,3
			max.	41	97,3%	6,0%	
			průměr	40,0	97,2%	5,9%	
		požadované hodnoty	min.	32	96,0%	2,0%	6,7
			max.	-	-	7,5%	
			průměr	36		-	
		počet nevyhovujících hodnot	min.				
			max.	-	-		
			nevyhovující průměr			-	

Tab. 20: Sonda č. 3

				ACO 11		40	mm
<u>Vyhodnocení výpisu</u>				tl. mm	míra zhut.	zbyt. mez.	spoje ní
		zjištěné hodnoty	min.	39	97,1%	3,8%	11,3
			max.	41	99,3%	6,0%	
			průměr	40,0	97,9%	5,2%	
		požadované hodnoty	min.	32	96,0%	2,0%	6,7
			max.	-	-	7,5%	
			průměr	36		-	
		počet nevyhovujících hodnot	min.				
			max.	-	-		
			nevyhovující průměr			-	

Tab. 21: Sonda č. 4

				ACO 11		40	mm
<u>Vyhodnocení výpisu</u>				tl. mm	míra zhut.	zbyt. mez.	spoje ní
		zjištěné hodnoty	min.	39	97,1%	3,8%	11,3
			max.	42	99,3%	6,0%	
			průměr	40,5	98,0%	5,1%	
		požadované hodnoty	min.	32	96,0%	2,0%	6,7
			max.	-	-	7,5%	
			průměr	36		-	
		počet nevyhovujících hodnot	min.				
			max.	-	-		
			nevyhovující průměr			-	

6 Závěr

Cílem diplomové práce bylo vypracovat návrh asfaltové směsi s využitím recyklovaného materiálu, výsledky zpracovat do zkoušky typu pro danou asfaltovou směs a prokázat shodu hotové vrstvy provedené z navržené směsi. Směs byla navržena tak, aby vyhověla podmínkám ČSN EN 13 108-1 Asfaltové směsi.

Práce obsahuje výsledky laboratorních zkoušek prováděných v rámci návrhu směsi a dále výsledky kontrolních zkoušek hotové asfaltové vrstvy.

Pro zkoušku typu byla navržena asfaltová směs do obrusné vrstvy vozovek s označením ACO 11 s obsahem 15 % R-materiálu. Směs byla navržena postupem podle ČSN 73 6160, posouzena dle požadavků ČSN EN 13 108-1, rovněž kontrolní zkoušky hotové vrstvy vozovky byly provedeny dle normy ČSN 73 6160 a posouzeny podle normy ČSN 73 6121.

Při zkoumání závislosti vlastností navržené směsi na obsahu asfaltu jsem zjistil, že při větším obsahu asfaltu mezerovitost zhutněné směsi klesá a stupeň vyplnění mezer pojivem stoupá. To znamená, že se asfaltová směs při větším obsahu asfaltu zhutní více, protože větší množství asfaltu napomáhá lepšímu vyplnění mezer mezi kamenivem a z tohoto důvodu má i menší mezerovitost.

Co se týká zjištěné mezerovitosti zhutněné asfaltové směsi u kontrolních zkoušek, tak ty se pohybují více k horní hranici maxima požadované hodnoty, což může být způsobeno tím, že je v asfaltové směsi použitý asfalt z R-materiálu jako rozpustné pojivo z recyklátu, při jehož zkouškách se zjistilo, že má větší tuhost. Dalším vlivem může být přidávání R-materiálu do asfaltové směsi za studena a tím nedojde k potřebnému roztavení asfaltu. Vliv na mezerovitost může mít taky křivka zrnitosti při návrhu směsi a vliv má i samotné hutnění asfaltové směsi při stavbě vozovky.

Míra zhutnění zjištěná na vývrtech se pohybuje spíše k minimu, což může být způsobeno stejnými vlivy jako u mezerovitosti, protože míra zhutnění souvisí s mezerovitostí a to tak, že čím je mezerovitost větší, tím je míra zhutnění menší. Nemusí to být ale vždy pravidlem, protože míra zhutnění se určuje ke vzorku, který je zhutněný z téhož materiálu.

Průměrná tloušťka vrstvy vyšla u všech sond větší než je požadovaná. U většiny hodnot byla dodržena projektová tloušťka ohrusné vrstvy, někdy byla i mírně překročena, což nemá vliv na kvalitu vozovky, ale zvyšuje to finanční náklady stavby.

Spojení vrstev taky překračuje minimální hodnoty, což znamená, že je dodržena minimální smyková síla spojení vrstev a tím se splní návrhové předpoklady konstrukce vozovky.

Rovnost povrchu byla měřena v podélném i příčném směru. Požadavek u ohrusné vrstvy je nejprísnejší, protože se jedná o finální vrstvu. V tomto případě činí 5 mm. U příčného měření tyto hodnoty nejsou překročeny, kdežto u podélného měření v některých případech ano. Tato chyba není způsobena návrhem směsi, ale jedná se o chybu prováděných prací. Většinou se jedná o neplynulý dovoz asfaltové směsi.

Asfaltová směs ACO 11 s 15 % R-materiálu všem požadovaným parametrům vyhověla až na podélnou nerovnost, jež není způsobena návrhem směsi a tudíž můžu konstatovat, že tato směs je vhodná pro použití do ohrusných vrstev vozovek s třídou dopravního zatížení IV, V a VI dle ČSN EN 13108-1.

V příštích letech by se mělo zaměřit na využívání většího množství R-materiálu do asfaltových směsí ať už přidáváním za studena, jako v tomto případě nebo předehtátého, kde by bylo možno přidávat výrazněji větší množství. A v budoucnu docílit toho, aby se tento R-materiál vyřadil úplně z odpadních surovin. Prodlouží to životnost přírodních zdrojů k výrobě asfaltových směsí a sníží její cenu.

7 Seznam použité literatury

- [1] ČSN 73 6121 *Stavba vozovek - Hutněné asfaltové vrstvy*, 2008
- [2] ČSN 73 6160 *Zkoušení živých směsí*, 1986
- [3] ČSN 73 6261 *Stanovení přilnavosti asfaltových pojiv ke kamenivu*, 2000
- [4] ČSN EN 933-1 *Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 1: Stanovení zrnitosti – Sítový rozbor*, 1998
- [5] ČSN EN 933-4 *Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 4: Stanovení tvaru zrn – Tvarový index*, 2000
- [6] ČSN EN 933-9 *Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 9: Posouzení jemných částic – Zkouška methylenovou modří*, 1999
- [7] ČSN EN 933-10 *Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 10: Posouzení jemných částic – Zrnitost filerů*
- [8] ČSN EN 1426 *Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení penetrace jehlou*, 2000
- [9] ČSN EN 1427 *Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení bodu měknutí – Metoda kroužek a kulička*, 2000
- [10] ČSN EN 12697-5 *Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka - Část 5: Stanovení maximální objemové hmotnosti*
- [11] ČSN EN 12697-6 *Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 6: Stanovení objemové hmotnosti asf. zkuš. tělesa*
- [12] ČSN EN 12697-8 *Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 12: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí*
- [13] ČSN EN 12697-30 *Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 30: Příprava zkušebních těles rázovým zhutňovačem*
- [14] ČSN EN 13108-1 *Asfaltové směsi – Specifikace pro materiály – Část 1: Asfaltový beton*

8 Přílohy

Příloha č. 1 – Protokol č. OS10 -1: Stanovení zrnitosti vzorku kameniva frakce 0/4

Příloha č. 2 – Protokol č. OS10 -2: Stanovení zrnitosti a tvarového indexu vzorku kameniva
frakce 4/8

Příloha č. 3 – Protokol č. OS10 -3: Stanovení zrnitosti a tvarového indexu vzorku kameniva
frakce 8/11

Příloha č. 4 – Protokol č. OS10 -4: Posouzení jemných částic methylenovou modří

Příloha č. 5 – Protokol č. OS10 -5: Stanovení značky a vlastností R-materiálu

Příloha č. 6 – Protokol č. OS10 -6: Stanovení vlastností vzorku asfaltu

Příloha č. 7 – Protokol č. OS10 -7: Stanovení přilnavosti asfaltu ke kamenivu

Příloha č. 8 – Protokol č. OS10 -8: Stanovení přilnavosti asfaltu ke kamenivu s Wetfixem

Příloha č. 9 – Protokol č. OS10 -9: Stanovení vlastností vzorku asfaltu R-materiálu

Příloha č. 10 – Protokol č. OS10 -10: Stanovení zrnitosti fileru jako kameniva

Příloha č. 11 – Zkouška typu č. OS10 – 11- ZT: Složení směsi ACO 11 pro zkušební tělesa

Příloha č. 12 – Protokol č. OS10 -12: Zkouška typu – Stanovení optimální dávky pojiva

Příloha č. 13 – Zkouška typu č. OS10 – 11- ZT: Podle ČSN EN 13108-20 - Složení směsi
ACO 11 pro obalovnu

Příloha č. 14 – Protokol č. OS10 -2332: Stanovení vlastností vrstev vývrtu hotové vozovky

Příloha č. 15 – Protokol č. OS10 -2333: Stanovení vlastností vrstev vývrtu hotové vozovky

Příloha č. 16 – Protokol č. OS10 -2334: Stanovení vlastností vrstev vývrtu hotové vozovky

Příloha č. 17 – Protokol č. OS10 -2335: Stanovení vlastností vrstev vývrtu hotové vozovky

Příloha č. 18 – Protokol č. OS10 -2344: Protokol o měření nerovnosti povrchů vozovek
plánografem a latí